

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET

# ZAVRŠNI RAD

Mateja Sučevac



Sveučilište u Zagrebu  
Grafčki fakultet

Smjer: Tehničko-tehnološki

# ZAVRŠNI RAD

## POVRŠINSKA ČVRSTOĆA TANKIH TISKOVNIH PAPIRA

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Branka Lozo

Student:

Mateja Sučevac

Zagreb, 2014

## **ZAHVALE**

Veliku zahvalu upućujem svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Branki Lozo te asistentici dipl. ing. Maji Jakovljević na pruženoj pomoći prilikom pisanja ovog završnog rada.

## **SAŽETAK**

Površinska čvrstoća papira od iznimne je važnosti u tisku kod tehnika koje koriste guste tiskarske boje, poput ofsetnog tiska. Pojava čupanja većih ili manjih djelića površine pojavljuju se i kod tiska na arke i kod tiska na role, a kao posljedicu ima oštećenje dijelova otiska. Postoji više metoda za određivanje površinske čvrstoće tiskovnih podloga. Pojava čupanja papira definirana je kao oštećenje površine papira tijekom procesa tiska. Podizanjem tiskovne forme sa papira prilikom otiskivanja, tiskarska boja djeluje određenom silom na površinu papira zbog svoje ljepljivosti.

Sklonost papira čupanju uvelike ovisi o: vrsti vlakana, mehaničkoj obradi prilikom izrade lista (mljevenje), različitim pomoćnim sirovinama (keljiva, punila), kao i o naknadnoj obradi, odnosno oplemenjivanju papira (satiniranje, premazivanje), vlažnosti papira. Također, poremećeni klimatski uvjeti u skladišnim i radnim prostorijama, a naročito suvišna vlaga, umanjuju otpornost papira.

U teorijskom dijelu opisana su svojstva papira koja utječu na pojavu čupanja, dok će se u eksperimentalnom dijelu iznijeti rezultati dobiveni laboratorijskim ispitivanjima.

Ključne riječi: čupanje papira, površinska čvrstoća papira, ofsetni tisak, guste boje

## SADRŽAJ

<b>UVOD.....</b>	<b>1</b>
1.1. Cilj i svrha rada.....	1
<b>TEORIJSKI DIO .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Povijest papira .....</b>	<b>2</b>
1.2.1. Tiskovni papir .....	3
<b>1.2.2. Sirovine za proizvodnju papira .....</b>	<b>3</b>
1.2.3. Pomoćna sredstva u proizvodnji papira .....	5
1.2.4. Proizvodnja papira .....	6
<b>1.3. Svojstva i građa papira.....</b>	<b>8</b>
<b>1.3.1. Opća svojstva.....</b>	<b>8</b>
1.3.2. Svojstva površine .....	11
1.4. Ofsetni tisak .....	13
<b>EKSPERIMENTALNI DIO .....</b>	<b>17</b>
<b>1.5. Plan istraživanja .....</b>	<b>17</b>
1.6. Materijali.....	17
1.7. Metode mjerenja .....	17
<b>REZULTATI I RASPRAVA .....</b>	<b>21</b>
<b>ZAKLJUČAK .....</b>	<b>24</b>
<b>LITERATURA.....</b>	<b>25</b>

# UVOD

## *1.1. Cilj i svrha rada*

Cilj istraživanja je provesti ispitivanje čvrstoće tankih tiskovnih papira koristeći dvije metode: Dennison test i Westvaco uređaj. Naime, postavlja se pitanje postoji li povezanost između pojave čupanja u procesu tiska i rezultata dobivenih pomoću spomenutih metoda.

Kod papira za duboki tisak svojstva papira se moraju podesiti principu i načinu izvedbe otiska. Veoma važna je otpornost papira prema površinskom oslobađanju sitnih čestica, u obliku čupanja i prašenja. Tom pojavom dovodi se u pitanje čistoća i kvaliteta otiska, jer izdvajanjem čestica s površine papira onečišćuje se i boja i tiskovna forma.

U eksperimentalnom dijelu rada provest će se ispitivanje gramature i debljine korištenih uzoraka, te otpornost papira na čupanje pomoću Dennison testa i Westvaco uređaja.

Korištene metode se provode kako bi se odredila granica brzine tiskanja unutar koje je još moguć rad bez oštećenja površine.

## **TEORIJSKI DIO**

### **1.2. Povijest papira**

Ljudi su oduvijek o sebi, načinu rada i zanimanja ostavljali tragove. To su bili neki predmeti, crteži, zapisi, znakovi... Prve podloge za pisanje bile su kamene ploče, glinene ploče, pločice od voska, papirus te pergament. [1].

Još u vrijeme korištenja papirusa i pergamenta pojavio se jeftiniji i podesniji materijal za pisanje – papir. Smatra se da su ga 105.godine prvi počeli izrađivati Kinezi. Kao sirovinu, koristili su vlakno raznih biljaka – konoplje, trske, rižine slame, bambusa, čahura svilenih buba, niti ribarskih mreža, kore dudova drveta... Usitnjenom pomoću kamenih mlinova, pripremljenom vlaknu dodavali su otopinu vapna. Učinjenu vodenastu kašu nanosili su na četvrtasta sita izrađena od bambusa i svilenih niti. Laganim pokretanjem, voda se odvajala, a na situ se oblikovao sloj isprepletenih vlakanaca ravnomjerne debljine. Tako nastali vlažan list pažljivo se skidao sa sita i odlagao na ravne daske. Na zraku i suncu osušeni listovi u kupovima su se prešali s jednostavnim drvenim napravama. Premazivanjem ljepilom, ponovnim sušenjem, glačanjem slonovom kosti, uz ravnomjernu debljinu, ravnu površinu, postigao se i potreban sjaj svakog lista. [1].

Sirovine za proizvodnju papira su celuloza, polutvorina, drvenjača, poluceluloza, otpadni papir dok su pomoćna sredstva u proizvodnji papira punila, keljiva i sredstva za obojenje. [1].

### **1.2.1. Tiskovni papir**

Pod pojmom tiskovni papiri podrazumijevaju se svi bezdrvni papiri i papiri proizvedeni na bazi drvenjače i starog papira a koji su pogodni za tisak i koji služe kao nositelji informacija. [1].

Dijele se u dvije skupine:

1. Papiri sa drvenjačom i dodacima (stari papir)
  - novinski papiri ( 42,5 g/m<sup>2</sup>, 45 g/m<sup>2</sup>, 48,8 g/m<sup>2</sup> - novine, telefonski imenici...)
  - SC ( najčešće 52, 56, 60 g/m<sup>2</sup> - za duboki i ofsetni tisak )
2. Bezdrvni papiri – na bazi celuloze kao vlaknastog materijala [1].

Problemi sa čvrstoćom površine najviše je izraženo kod tankih tiskovnih papira poput novinskih koji su minimalne trajnosti i čvrstoće. Naime, s obzirom da su dobiveni recikliranjem starog papira, to utječe na njihova mehanička svojstva.

### **1.2.2. Sirovine za proizvodnju papira**

Potrebna svojstva i karakteristike papira, područja i način njegove primjene, postojeći izvori sirovina - samo su neki od razloga korištenja velikog broja raznovrsnih materijala i pomoćnih sredstava u proizvodnji papira. Svrstani su u nekoliko skupina:

- vlakno
- punila
- keljiva
- bojila
- raznovrsni dodaci [1].

Vlakno je osnovni sastojak nekog papira. Najčešće je biljnog porijekla, koriste se i životinjska, a u novije vrijeme naročito su zastupljena i sintetska vlakna. Kao glavni vlaknasti poluproizvodi u proizvodnji papira su:



- tehnička celuloza
- polutvorina
- poluceluloza
- drvenjača [1].

Za tanke tiskovne papire su od velike važnosti drvenjača te neka pomoćna sredstva poput punila i keljiva. [1].

### *Drvenjača*

Drvenjača je mehanički, brušenjem usitnjeno drvo u obliku kratko vlaknastih čestica. S obzirom na pripremu drveta prije brušenja, razlikuje se bijela i smeđa drvenjača. U proizvodnji papira, drvenjača se koristi kao dodatno vlakno celulozi za manje kvalitetne i jeftinije papire – srednje fine i novinske, roto papire, uz veliku primjenu u izradi nekih vrsta ljepenki. Papiri s drvenjačom, zbog prisustva smola i lignina, nisu otporni na utjecaj dnevnog svjetla, stoga gube bjelinu i u kratkom vremenu znatno požute. [1].

### *Otpadni papir*

Ima izuzetan značaj u proizvodnji papira, pogotovo ako se imaju u vidu problemi zbog nedostatnosti drveta, kao i činjenica vrlo složenih i skupih tehnoloških procesa dobivanja vlaknastih materijala. Prerada tih sirovina odnosi se na nekoliko mehaničkih radnji – usitnjavanje, natapanje u vodi, prokuhavanje sa razvlaknjivanjem i ispiranje. Za uklanjanje tiskarske boje dodaje se pri temperaturnoj obradi, po potrebi i lužnata otopina. [1].

### 1.2.3. Pomoćna sredstva u proizvodnji papira

#### *Punila*

Sva punila su bijeli materijali, netopivi u vodi i kemijski postojani prema ostalim sastojcima papira. Najčešće su to: silikati, sulfati, karbonati, oksidi i dioksidi. Najbolja i najskuplja punila su iz skupina oksida i karbonata. Znatno manje punila sadržavaju kopirni, mehanografski, pisači i tiskovni papiri, a najviše tzv. premazani papiri, papiri za najkvalitetniji tisak s ilustracijama, višebojni tisak i sl. Velika količina punila u papiru smanjuje učinak keljenja, tj. oslabljuju se veze između vlakana. [1].

Papiri s prevelikom količinom punila skolni su prašenju, čupanju – oslobađanju čestica s površine papira, smanjena im je čvrstoća i potrebna poroznost. Svako prekomjerno dodavanje punila, smanjuje kvalitetu papira, a u izvjesnoj mjeri ga i pojeftinjuje. [1].

Prije su se punila upotrebljavala samo za otežanje papira i željelo se postići pojeftinjenje jer su punila obzirom na veću specifičnu težinu jeftinija nego vlaknasta sirovina. Danas se punila prvenstveno upotrebljavaju radi poboljšanja svojstava papira, naročito da se poboljša mogućnost tiska. [2].

#### *Keljiva ili ljepila*

Dodaje se papirnoj masi zbog postizanja bolje povezanosti vlaknastog tkiva i punila. Keljivo naročito pospješuje čvrstoću i nepropustljivost papira za tekućine, sredstva za pisanje i tiskarske boje. Najviše se upotrebljava kalofonij dodatkom aluminijeva sulfata u vrlo malim količinama zbog jačeg povezivanja mase. Također, koriste se i druga biljna i životinjska ljepila (tutkalo, škrob, vodeno staklo, parafin) Svako od njih utječe na sasvim određena i korisna svojstva papira. Tutkalo povećava tvrdoću i čvrstoću, škrobno ljepilo daje površinsku postojanost i spriječava prašenje papira, vodeno staklo poboljšava glatkoću, parafin pospješuje mekoću i vodootpornost papira. Postoje i papiri u koje se ne unosi keljivo (upijajući papiri, filter papiri, higijenski...) [1].

Keljiva se dodaju ili u masu za izradu papira ili nakon formiranja lista, tako da govorimo o keljenju u masi ili površinskom keljenju. Danas se pretežno provodi keljenju u masi koje garantira keljenje čitavog papira. [2].

#### 1.2.4. Proizvodnja papira

Osim o vrsti vlakanaca, te različitim pomoćnim sirovinama, sklonost papira prema čupanju ovisi i o:

##### *Mljevenje*

Mljevenje celuloze je jedno od najvažnijih tehnoloških operacija i preduvjet proizvodnje papira. Procesom mljevenja, izvode se dva karakteristična načina obrade: skraćivanje na sasvim određenju dužinu i uzdužno razvajanje. Intenzivnom obradom celulozno vlakno je izloženo različitim utjecajima. [1].

*Tablica 1. Dužine vlakana kod pojedinih vrsta papira [1]*

<b>Vrsta papira</b>	<b>gramatura(g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>dužina(mm)</b>
<i>Novinski</i>	51	0,80-1,00
<i>Pisači i tiskovni</i>	60-80	1,00-1,60
<i>Tanki</i>	14-30	0,80-1,50
<i>Teži papiri</i>	90-200	1,40-2,00

### *Oplemenjivanje papira*

Daju se papirima dodatna svojstva i time povećava njihova vrijednost i mogućnost upotrebe. [2].

Oplemenjivanjem se mogu postići slijedeći efekti:

- poboljšanje tiskovnih svojstava (kromo papiri, papiri za umjetnički tisak)
- dekorativni efekti (obojeni i tapetni papiri)
- tehnički i kemijski efekti (svjetloosjetljivi, čekovni, teško upaljivi, ljepljivi...)
- zaštitna svojstva kod omotnih papira (vodoodbojnost i nepromočivost postignuti impregnacijom, kaširanjem i slojevitom građom)
- efekti postignuti kemijskom promjenom strukture vlakna (pergament, papir) [2].

Oplemenjivanjem se mogu postići najrazličitiji efekti, tako da se može reći da se papiri mogu izrađivati „po mjeri“ tj. papirima se mogu dati točno određena svojstva. [2].

Postupke oplemenjivanja možemo podijeliti na:

- oplemenjivanje impregnacijom u masi
- oplemenjivanje površine (premazivanje, oslojavanje, lakiranje)
- lijepljenje (kaširanje)
- nabiranje
- naročiti postupci koji strukturu vlakna kemijski mijenjaju
- bezbojno deseniranje
- bojadisanje [2].

### *Satiniranje*

Satiniranje je postupak s kojim se prvenstveno povećava glatkost i sjajnost površine papira. Zbog potrebne elastičnosti i podatnosti, za vrijeme površinske obrade, prije satiniranja papirna traka se mora ovlažiti za 20 do 30 %. Satiniranjem se postižu i druge karakteristike i svojstva papira, kao što je manja debljina, poroznost i propusnost zraka, a povećava se prozirnost i prostorna masa. [1].

### *Premazivanje*

Papiri s premazom su takvi papiri koji su oplemenjeni premazivanjem jedne ili obje strane premazom koji se sastoji iz pigmenta i sredstva za vezanje a prema potrebi i nekih drugih dodataka. Ako su papiri premazani samo sa jedne strane nazivamo ih kromo papirima, dok papire premazane sa obje strane zovemo papiri za umjetnički tisak. [2].

## **1.3.Svojstva i građa papira**

Svojstva papira možemo podijeliti na pet dijelova:

### ***1.3.1. Opća svojstva***

#### *Debljina*

Prema potrebi, manja ili veća debljina papira određuje se u samoj proizvodnji na stroju, podešavanjem otvora uređaja za dotok papirovine na tzv. beskrajno sito. Mjerenje debljine dovršenoga papira vrši se mikrometarskim uređajima posebne izvedbe, s preciznošću od 0,001 mm. Veća odstupanja kod primjene ovoga računanja su kod poroznih, voluminoznih i jako satiniranih papira. [1].

Debljina papira, kartona i ljepenke određuje se zbog više razloga. Mjerenjem debljine može se kontrolirati ujednačenost proizvodnje u izradi lista na papir stroju, potrebna nam je pri izračunavanju prostorne težine papira. Površine između kojih se vrši mjerenje moraju biti glatke, paralelne, određene veličine i moraju pritiskati papir jedna drugu pod stalnim opterećenjem. Ispitivanje se mora provesti u klimatiziranoj prostoriji. Da bi se

dobila prosječna debljina potrebno je izvršiti najmanje 20 mjerenja. Standard razlikuje najmanje 2 tipa mjerenja:

- na pojedinačnim listovima – ukoliko debljina prelazi 0,04 mm
- na snopu listova – ukoliko debljina lista ispod 0,04 mm [3].

#### *Površinska masa (gramatura)*

To je jedno od najvažnijih svojstava svakoga papira i kartona, koje kaže kolika je masa (težina) takvog materijala, površine 1 m<sup>2</sup>. Prema tom pojmu, proizvodi papirne industrije podijeljeni su na glavne skupine: papiri, kartoni i ljepenke. Za svaki takav materijal može se mjerenjem ustanoviti gramatura, a zbog praktičnosti na uzorcima čija je veličina manja od 1 m<sup>2</sup>. Standard zahtijeva površinu od 500 cm<sup>2</sup>. U praksi se zbog jednostavnosti upotrebljavaju, posebno za tu namjenu kvadratne vage, te zbog objektivnosti rezultata mjerenja vaganje se vrši na 20 uzoraka. [1].

#### *Prostorna masa*

Pod tim pojmom podrazumijeva se masa (težina) 1 cm<sup>3</sup> papira izražena u gramima ili u većim jedinicama: 1dm<sup>3</sup>/kg. Za njeno izračunavanje potrebna nam je gramatura i debljina papira. Na prostornu masu jako utječu različiti dodaci u proizvodnji papira (punila, keljiva, bojila), kao i mehanička obrada papirne mase (mljevenje) i naknadna obrada (satiniranje). Prostorna masa ima značajan utjecaj kod svih vrsta papira, naročito na njihova fizikalna svojstva. [3].

#### *Smjer vlakna*

Utječe na različita svojstva papira: otpornost na kidanje, istezanje, svijanje te pojavu različitog proširenja i skupljanja djelovanjem vlage i temperature. Arci nastaju različitim rezanjem papirne trake, pa mogu imati tzv. uzdužni smjer vlakna (paralelan s dužom stranom) ili poprečni smjer (okomit na dužu stranu arka). Potrebna je paralelnost smjera vlakna listova s hrptom knjige, a kod prospekata, kartonskih kutija, naljepnica itd. sa smjerom savijanja i pregiba. U pravilu papir se reže s uzdužnim (dugim) smjerom. To se povezuje s postizanjem ispravnoga registra u višebojnom tisku,

otklanjanjem mogućnosti boranja i vođenjem arka kroz tiskovne sklopove stroja. Smjer vlakna treba biti paralelan s osi tiskovnog valjka. [1].

U uzdužnom smjeru veće su otpornosti prema kidanju i prema savijanju, a u poprečnom istezljivost i promjena dimenzije uslijed promjene vlažnosti. U tisku, naročito u plošnom tisku, formati se režu isključivo u uskom smjeru (smjer izrade papirnog lista paralelan je dužoj stranici lista). Arci rezani u širokom smjeru mogli bi dovesti do razlika u registru otiska (paseru) i do naboranosti. [3].

### *Vlaga u papiru*

Papir je vrlo higroskopan materijal. Sadržaj vlage u papiru naročito je ovisan o načinu obrade vlakna (mljevenju), dodacima, naknadnoj obradi, oplemenjivanju i skladištenju papira. [1].

Ispitivanje apsolutnog sadržaja vlage u papiru, kartonu, ljepenci važno je u prvom redu za proizvođače papira i neke prerađivače (vlažan karton je npr. podatniji i lakše se žlijebi, savija i pregiba). Za proces tiska apsolutni sadržaj vlage papira nije od velike važnosti jer ne postoji direktna veza između njega i relativne vlažnosti zraka u snopu listova (rizmi) papira. Za tiskara je, što se sadržaja vlage tiče, zanimljivo da zna, da li isporučeni ili iz skladišta dopremljeni papir stoji u ravnoteži s relativnom vlažnošću zraka u radnoj prostoriji. [3].

Uz nestabilnu vlažnost i temperaturu zraka u skladištu ili radnoj prostoriji, papir ne može mirovati. Porastom temperature otpušta vodu i skuplja se, a kod pada temperature širi se prihvatanjem vode. Ta odstupanja u dimenzijama papira znatno su veća u poprečnom smjeru vlakna nego u uzdužnom, tj. u smjeru izrade papira. Zbog te činjenice treba posebno obratiti pozornost na otpornost i klimatiziranost papira za višebojni ofsetni tisak, gdje dolazi u dodir s vodom. Vlažnost papira može se odrediti kao gubitak na težini ispitivanog uzorka, pri sušenju papira u posebnom sušioniku, na temperaturi od 102 do 105 °C, u vremenu od 30 do 60 minuta. Kod vrlo preciznih mjerenja, uzorak se nakon sušenja hladi u eksikatoru, a potom važe u zatvorenoj specijalnoj posudici, bez mogućnosti prihvatanja vlage iz zraka. Za manje točne rezultate, mjerenja se mogu izvršiti, prije i poslije sušenja na kvadratnoj vagi. Postoje i

drugačije vage, koje iznad pridržavajuće zdjelice s uzorkom papira, imaju infra-grijalicu s kojom se suši uzorak. [1].

### **1.3.2. Svojstva površine**

#### *Čupanje papira*

To je površinsko oštećenje otkidanjem čestica s papirne tvorevine u procesu tiska. Pojavljuje se na crti razdvajanja papira od tiskovne forme ili gumene navlake ofsetnog valjka i ploče. Tumači se i kao posljedica djelovanja sila između tiskarske boje i površine papira. To međudjelovanje je izraženije porastom viskoznosti boje i brzine tiska. Postanu li djelujuće sile prevelike, doći će do oštećenja površine tiskarske podloge – čupanja papira. [1].

Postoje različita određivanja otpornosti odnosno sklonosti papira na čupanje:

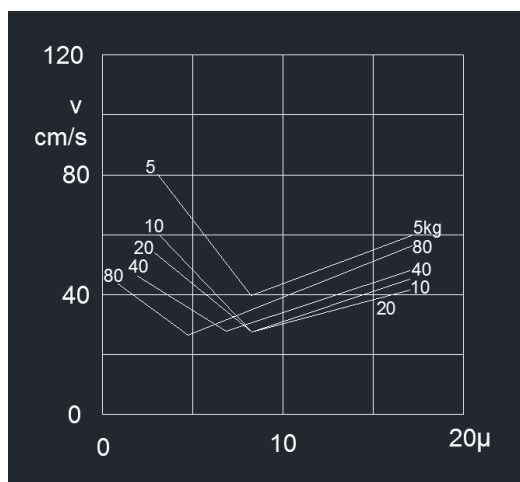
1. Pokus odizanjem primjenjuje se za premazane papire. Čvrstim pritiskom navlaženoga palca na papir, ne bi smjele prihvatiti nikakve čestice s površine papira.
2. Pokus trenjem sastoji se u presavijanju i trenju premazanih površina pod jačim pritiskom. Prilično brzo pokazat će se, ima li ili nema otrgnutih čestica premaza s površine.
3. Dennison test se izvodi prislanjanjem zagrijanih voskova, različitih ljepljivosti. S njima se može ocijeniti čvrstoća površine premazanog ili naravnog papira, odnosno njegova otpornost prema čupanju. Metoda nije pouzdana za upijajuće papire, kao ni one koji u premazu sadrže termoplastične smole.
4. Korištenjem IGT uređaja određuju se granične brzine tiska, unutar kojih je moguć rad bez oštećenja čupanjem čestica s površine papira. Do potrebnih rezultata dolazi se korištenjem specijanih ulja ili tiskarskih boja, različitih ali poznatih viskoziteta. [1].

Na pojavu čupanja utječe nekoliko faktora i njihovim variranjem možemo ovu vrlo neugodnu pojavu izbjeći. To su:



- a) Tiskarski stroj – gdje radnim pritiskom i brzinom rada možemo znatno utjecati na pojavu čupanja. Dok je, vjerojatno, utjecaj pritiska relativno malen, dotle brzina igra veliku ulogu u čupanju. S porastom brzine raste i težnja nekog papira prema čupanju.[3].
- b) Tiskarska boja – njena ljepljivost i debljina sloja utječu na čupanje. Ljepljivija boja pogoduje čupanju. Deblji sloj boje dovodi do čupanja tek kod većih brzina, a prema tanjim slojevima postoji jedan minimum u odnosu na brzinu kod koje dolazi do čupanja i od tog minimuma, prema još manjim debljinama, brzina kod koje dolazi do čupanja raste.[3].

Za tiskarske boje važna je temperatura, koja utječe na mnoga svojstva boje, a posebno na njenu viskoznost. Ustanovljeno je da postoji neka povezanost između brzine kod koje dolazi do čupanja i viskoznosti boje. Ova povezanost se očituje u tome da je umnožak viskoznosti i te brzine konstantan (slika 1.). [3].



*Slika 1. Utjecaj debljine sloja boje na brzinu kod koje dolazi do čupanja [3]*

#### **1.4. Ofsetni tisak**

U ofsetnom tisku iznimno je važna otpornost papira prema površinskom oslobađanju sitnih čestica, u obliku prašenja i čupanja. S takvom pojavom se dovodi u pitanje kvaliteta i čistoća otiska, jer s izdvajanjem čestica s površine papira onečišćuje se i boja i tiskovna forma. [1].

Ofsetni tisak glavni je predstavnik plošne tehnike tiska, a ujedno i najzastupljenija tehnika tiska. Ova tehnika tiska koristi se za tisak gotovo svih grafičkih proizvoda. Tiska se uglavnom na tiskovne podloge: papir, polukarton, karton i lim. Tiskovna forma izrađuje na tankim pločama uglavnom iz valjanog aluminija. Ofsetni tisak svrstavamo u indirektnu postupku otiskivanja. Tiskovna forma je ispravna i otisak se prenosi neispravno na ofsetni valjak, a zatim ispravno na papir. [4].

Kod tehnike plošnog tiska tiskovni elementi i slobodne površine su u istoj ravnini. Valjak s bojom prelazi preko tiskovne forme i to preko slobodnih i tiskovnih površina. Na tiskovnu formu osim boje nanosi se vodena ili alkoholna otopina. Tiskovne površine i slobodne površine imaju različita fizikalno-kemijska svojstva. Slobodne površine prihvaćaju vodenu ili alkoholnu otopinu (hidrofilnost) odbijaju boju (oleofobnost). Tiskovne površine odbijaju vodenu ili alkoholnu otopinu (hidrofobnost) prihvaćaju boju (oleofilnost). Na tiskovnu formu istovremeno se nanosi vodena ili alkoholna otopina i boja. Zbog različitih fizikalno-kemijskih svojstava boja se hvata na tiskovne površine, a vodena ili alkoholna otopina na slobodne površine. Pritiskom temeljnog i ofsetnog valjka boja se prenosi na ofsetni gumeni valjak. Pritiskom tiskovnog i ofsetnog valjka boja se prenosi na papir koji se nalazi na tiskovnom valjku. [4].

## Strojevi u ofsetu

Prema vrsti tiskovne forme, ofsetne strojeve dijelimo na strojeve za tisak iz arka (slika 2.) i strojeve za tisak iz role (slika 3.).

*Tisak iz arka*

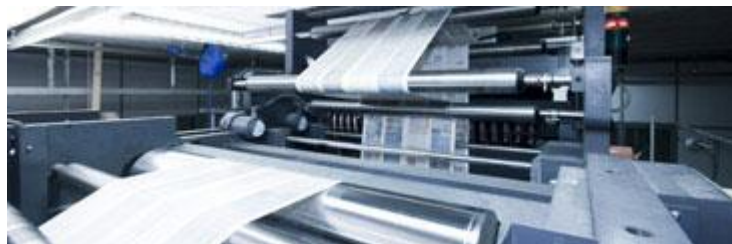


*Slika 2. Ofsetni stroj za tisak na arke [5]*

[<http://www.manroland.hr/index.php?menu=10&action=2&id=43>]

Stroj za tisak iz arka se sastoji od sljedećih cjelina:

- uređaj za ulaganje
- tiskovna jedinica
- uređaj za vlaženje
- uređaj za obojenje
- uređaj za izlaganje



*Slika 3. Ofsetni stroj za tisak iz role [5]*

[<http://www.manroland.hr/index.php?menu=10&action=2&id=43>]

Najčešće se dijele na rotacije za tisak revija i rotacije za tisak novina.

Kvaliteta otisaka dobivenih u ofsetnoj rotaciji zaostaje za kvalitetom otisaka koja se postiže u ofsetnom tisku na arke. Tisak u rotaciji je najčešće obostrani pa se od papirne trake traži obostrana otpornost na čupanje. Bojila se u ofsetu na arke suše prvenstveno oksipolimerizacijom. U ofsetnim rotacijama se uz tiskarska bojila koja se suše pretežno penetracijom rabe Heat-Set bojila koja se osim penetracijom suše pod utjecajem povišene temperature. Zagrijavanje i penetracija omogućuju vrlo brzo sušenje otisaka u punoj debljini nanosa bojila. Neodgovarajuća konzistencija bojila u ofsetu na arke popravljaju se dodatkom pomoćnih sredstava. Jednako se reagira kod ofsetnih rotacija samo ako se ne tiska s Heat-Set bojilima. Bojilo za ofsetne rotacije je najčešće nešto nižeg viskoziteta od bojila za tisak na arke. [6].

Tiskarske boje se prema konzistenciji dijele na pastozne (guste) i tekuće (rijetke) boje. Također, dijele se prema kranjoj upotrebi te prema načinu sušenja. Uloga boje je da sliku i tekst sa tiskovne forme prenese na tiskovnu podlogu. [7].

*Postoje dvije vrste grafičke boje:*

- Grafičke boje koje prelaze dugi put od bojanika do otiska (visoki tisak, ofsetni tisak), to su boje relativno velike konzistencije, pastozne odnosno guste boje.
- Grafičke boje koje prelaze kratak put od bojanika do otiska (duboki tisak, flexotisak, sitotisak), boje su male konzistencije, rijetke boje. [7].

Duga boja u procesu tiska razvlači se u dugačke niti. Te boje su obično previše ljepljive i uslijed pucanja niti uzrokuju prašenje boje. Ljepljivost se može definirati kao otpor boje razvlačenju. Ljepljivost boje ovisi o njenoj površinskoj napetosti i viskoznosti. Premala ljepljivost boje uzrokuje taloženje boje u bojaniku i zapunjavanje rastera na tiskovnoj formi. Previsoka ljepljivost boje uzrokuje ljepljenje na tiskovnu formu i čupanje što dovodi do nečistog otiska. Ofsetno bojilo se sastoji od veziva, pigmenta, smole, punila i dodataka. Može se poboljšati dodavanjem katalizatora sušenja, voskova isl. Ofsetne boje otiskuju se s „ravne“ površine. Spadaju u duge boje sa velikom ljepljivosti. Boje imaju veliku granicu tečenja. Pigmenti i veziva za ofsetne boje moraju biti otporni prema vodi. [7].

## **EKPERIMENTALNI DIO**

### **1.5. Plan istraživanja**

U eksperimentalnom dijelu ispitana su osnovna svojstva na tankim tiskovnim papirima, a to su debljina i gramatura. Osim toga, provelo se ispitivanje svojstava površine, tj. otpornost prema čupanju. Ispitivanja su obavljena na 3 uzoraka papira, a svrha provedenog ispitivanja je povezanost između pojave čupanja u procesu tiska i pojave čupanja dobivenih korištenim metodama.

### **1.6. Materijali**

Ispitivanja su rađena na 3 vrste papira, različite boje i debljine, jednake gramature

1. Papir sive boje debljine 0,070 mm, izmjerene gramature  $45\text{g/m}^2$
2. Papir žute boje debljine 0,064 mm, izmjerene gramature  $45\text{g/m}^2$
3. Papir svijetlo sive boje debljine 0,065 mm izmjerene gramature  $45\text{g/m}^2$

### **1.7. Metode mjerenja**

#### **Ispitivanje debljine papira**

U ovom ispitivanju upotrijebljen je specijalan mikrometar sa kružnom skalom sa preciznošću od 0,01 mm. Ispitivanje je provedeno na svim uzorcima papira, prilikom čega treba voditi računa da se mjerenja provedu na istoj strani lista.

#### **Ispitivanje gramature**

Ispitivanje je provedeno na 5 uzoraka svake vrste papira koji su rezani na format 100x100 te vagani na analitičkoj vagi. Mjerena gramatura dobila se kao aritmetička sredina pojedinih mjerenja.

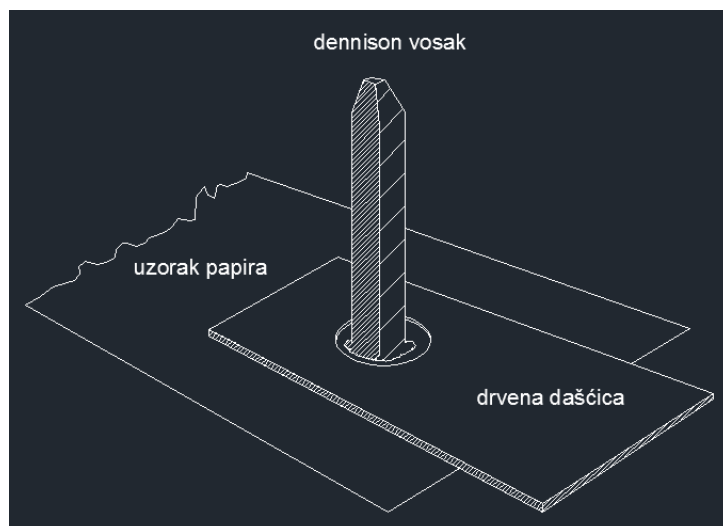
## Otpornost prema čupanju

### ***TEST S VOSKOVIMA PREMA DENNISONU ILI DENNISON TEST***

Ispitivanje se obavlja pomoću serije voskova različite ljepljivosti, s kojima se može ocijeniti čvrstoća površine premazanog i naravnog (nepremazanog) papira, odnosno njegova otpornost prema čupanju. Metoda nije pogodna za premazane papire koji u premazu sadrže termoplastične smole kao vezivo.

Dennison test standardiziran je prema **TAPPI** standardu **T459 su-65**. Za konačan rezultat potrebni su podaci od 5 uzoraka sa sitove i pustene strane, minimalnih dimenzija 10x10, koji su klimatizirani na standardne uvjete. Između uzoraka papira i radne površine treba staviti 8-10 listova papira. Odaberemo vosak iz serije od 16 voskova za koji smatramo da neće oštetiti površinu papira. Ostatak voska ili premaza na kraju voska od prethodnog ispitivanja treba uvijek otkloniti nožem ili plamenom. Kraj voska se zagrije nad plamenom dok ne padne par kapi rastaljenog voska, potrebno je paziti da vosak ne zahvati plamen. Rastaljeni vosak brzo se pritisne na uzorak papira čvrstim ali ne prejakim pritiskom, tako da se vosak raširi u promjeru do 2 cm i odmah ispusti iz ruke. Vosak se ostavi 15 minuta da stoji okomito na papir i zatim se preko voska stavi drvena pločica s otvorom promjera 33mm. Jednom rukom pločicu pritisnemo na papir da se spriječi boranje i kidanje papira, a drugom rukom vosak naglo povučemo okomito s površine papira. Pokus se ponovi s voskovima veće adhezione moći, sve dok se ne primijeti vidljivo oštećenje površine, odnosno dok ne dođe do čupanja ili do probijanja papira(slika 4.). [8].

Rezultat se daje kao srednja vrijednost onog najvišeg broja voskova koji nije oštetio površinu papira. Kod premazanih papira treba zabilježiti da li je nastalo čupanje premaza ili osnove papira ili je došlo do probijanja papira. [8].



*Slika 4. Princip izvođenja Dennison testa [8]*

### ***WESTVACO uređaj***

Westvaco uređaj koristimo kako bismo vrlo brzo ispitali otpornost određene vrste papira ili kartona prema čupanju. [8]

Uređaj se sastoji od poluge s utegom i pokretne kocke u kojoj se nalazi rakel, te tiskovne forme na čijoj je površini smješten utor dubok oko 15 mikrometara i širok 10 ili 17 mm i ručice za pokretanje tiskovne forme. Za provedbu pokusa potreban nam je IGT uređaj tipa A2 (slika 5). Montiranje Westvaco uređaja na IGT A2 radimo na sljedeći način: tiskovnu formu sa utorom stavljamo na osovinu aparata do dosjeda; poluga s utegom na kojem se nalazi rakel, stavlja se na zatik ispod tiskovne forme s utorom. Na temeljni cilindar montiramo trake papira (24x250 mm) čiju otpornost prema čupanju ispituje, a tiskovni pritisak pomoću opruge podesimo na 70 kp. Na tiskovnu formu s utorom nanese se proizvoljna količina ulja za čupanje. Ručicom okrećemo tiskovnu formu na lijevo i razdijeljujemo ulje ili boju, sve dok površina sloja ili boje u utoru ne pokaže homogenost. Sa zatika ispod tiskovne forme uklonimo polugu s utegom i ručicu s tiskovne forme. Tiskovnu formu s utorom okrenemo tako da mjesto s kojega se odigao rakel dođe na početak probnog otiska. Kočnicom otkočimo uteg i temeljni cilindar i uz rastuću brzinu otisnemo otisak. Otisak skinemo s tiskovnog cilindra i



ocjenjujemo ga pomoću lampa uređaja, koji baca konstantnu svjetlost pod kutem od  $45^0$ . Na taj način lako se može ocijeniti početak čupanja. [8].

Izmjeri se udaljenost od početka otiska do mjesta gdje se prvi put pojavilo čupanje i u tablici očitava brzina do koje počinje čupanje u cm/s (slika 6). Otpornost na čupanje izražava se kao produkt brzine pri kojoj započinje čupanje (cm/s) i viskoznosti rabljenog test ulja (Pa s ) (tablica 4). Ovaj produkt naziva se VVP (engl. Viscosity Velocity Product) koji ima konstantnu vrijednost za određenu vrstu papira. Pomoću VVP moguće je uspoređivati test rezultate različitih papira ispitivanih s uljima različitih viskoznosti. [8].



*Slika 5. IGT uređaj tipa A2 [8] [materijali – vježbe - čupanje]*

## REZULTATI I RASPRAVA

Na početku eksperimentalnog dijela prvo ispitivanje provedeno je pomoću Dennison testa. Odabire se vosak iz serije od 16 voskova za koji se smatra da neće oštetiti površinu. Ispitivanje je provedeno na svim vrstama papira po 3 uzorka. Rezultat se daje kao srednja vrijednost onog najvišeg broja voskova koji nije oštetio površinu papira.

### Rezultati ispitivanja provedenog sa Dennison testom

Tablica 2. Prikaz dobivenih rezultata

UZORAK	DEBLJINA	VOSAK		REZULTAT
1	0,070 mm	br. 7	nije počupao	-
1	0,070 mm	br. 11	počupao	10
1	0,070 mm	br. 12	počupao	11
2	0,064 mm	br. 8	nije počupao	-
2	0,064 mm	br. 11	nije počupao	-
2	0,064 mm	br. 13	počupao	12
3	0,065 mm	br. 6	nije počupao	-
3	0,065 mm	br. 13	počupao	12
3	0,065 mm	br. 16	počupao	12

Iz tablice 2. vidimo rezultate dobivene Dennison testa. Kada vosak počupa površinu papira kao rezultat se uzima zadnji vosak kod kojeg nije došlo do čupanja. Iz ovih rezultata zaključujemo da i najmanja razlika u debljini papira može utjecati na pojavu čupanja.

### Westvaco uređaj (IGT uređaj A2 )

Ispitivanje je provedeno sa ista 3 uzorka papira koja su se koristila i kod Dennison testa sa različitim vrijednostima viskoznosti IGT ulja za pokuse čupanja s porastom temperature:

lv – low viscosity

mv – medium viscosity

hv – high viscosity

Kad se otisak skine s tiskovnog cilindra, ocjenjujemo ga pomoću lampa uređaja. Na taj način se ocjenjuje početak čupanja. U tablici se nađe odgovarajuća brzina u cm/s kod koje počinje čupanje. Brzina koja se dobije na ovaj način ne može se direktno prevesti na tiskarski stroj. Također, promjer cilindra također utječe na pojavu čupanja, kod iste obodne brzine dolazi do čupanja ranije što su manji cilindri.

*Tablica 3. Prikaz dobivenih rezultata*

Početak čupanja cm	Brzina cm/s	Temperatura °C	Vrijednosti viskoznosti Pas
5	52	23	110
6	59	23	110
7	66	23	110

Do čupanja je došlo kod sve tri vrste papira sa uljima visoke viskoznosti uz konstantnu temperaturu, dok sa uljima s malom i srednjom viskoznosti nije uopće došlo do čupanja. U usporedbi sa dobivenim rezultatima i rezultatima koje su dobivene na britanskom institutu PIRA, za ofset su preporučili da papir ne pokazuje pojavu čupanja prije 135cm/s, 23<sup>0</sup>C i 50 % relativne vlažnosti zraka po ISO standardu. Dok rezultati iz tablice 3 pokazuju da je pojava čupanja od 52-66 cm/s ovisno o uzorku.

Tablica 4. Vrijednosti viskoznosti IGT ulja za pokuse čupanja s porastom temperature [4]

Temperatura	°C	20	20.5	21	21.5	22	22.5	23	23.5	24	24.5	25
Brzina m/s	<b>Lv</b>	22.5	21.7	20.8	20	19.2	18.3	17.5	16.8	16	15.3	14.5
Brzina m/s	<b>Mv</b>	66	65.3	62.7	60	57.4	54.7	52	50	48	46	44
Brzina m/s	<b>Hv</b>	145	145	139.2	133.9	127.5	115.9	110	105.5	101	96.5	92

Lv – ulja niske viskoznosti

Mv – ulja srednje viskoznosti

Hv – ulja visoke viskoznosti

Slika 6. Tablica IGT

(Diese Tabelle ist nicht anwendbar für Geräte Type 01.01 – 01.10 einschließlich R. und L.)

Geschwindigkeitstabelle für Bedruckbarkeitsprüfgeräte A1 und A2 (der obere Druckscheibe)

RUPPEN (Druckdruck)	Abstand in cm	0	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		Füllgewicht	27	36	44	52	59	66	73	79	85	91	96	101	106	110	114	117	120	123	125
	Federantrieb A		84	106	126	144	161	177	191	203	214	224	233	239	244	247	249	250	250	249	248
	Federantrieb M		94	120	143	164	183	201	217	232	245	257	268	276	284	289	293	299	301	303	303
	Federantrieb B		105	134	159	182	204	224	243	260	275	288	301	312	322	330	336	341	344	346	347

GESCHWINDIGKEIT IN CM/S

RUPPEN (Offendruck)	Füllgewicht	28	36	43	50	57	64	70	76	82	88	93	97	101	104	107	110	112	114	116
		Federantrieb A	76	96	114	130	144	158	169	179	188	196	202	206	208	209	208	207	204	201
	Federantrieb M	84	108	128	147	165	180	195	208	219	229	238	246	252	256	258	259	259	258	256
	Federantrieb B	95	120	143	164	183	201	218	233	247	260	271	280	288	293	298	301	303	303	301

Farbe hinzufügen auf Einfarbergerät

FÜR EINE KLEINE VERSUCHSREIHE (eine Seite eingeführt)

Eingangsgröße Menge in cm³	Schichtdicke in µm		Anzahl d. Abnahmen	Zusatz in cm³
	Durchschnitt	Grenzwert		
1,0	8,0	8,20 - 7,80	4	0,065
	7,8	8,20 - 7,40	7	0,111
0,6	4,8	4,92 - 4,68	4	0,039
	4,7	4,92 - 4,44	7	0,067
0,5	4,0	4,10 - 3,90	4	0,033
	3,9	4,10 - 3,70	7	0,056
0,3	2,4	2,46 - 2,34	4	0,020
	2,3	2,46 - 2,22	7	0,033
0,1	0,80	0,82 - 0,78	4	0,007
	0,78	0,82 - 0,74	7	0,011

VISKOSITÄT DER IGT RUPFÖLE IN POISE

Sorte	Etwa
Niedrige	210
Normale	720
Hohe	1550

FÜR EINE GROSSE VERSUCHSREIHE (beide Seiten eingeführt)

Vergleichbare Menge in cm³	Schichtdicke in µm		Aufzutragende cm³		Anzahl d. Abnahmen	Durchschnitt links Zusatz in cm³
	Durchschnitt	Grenzwert	Links	Rechts		
1,0	8,0	8,20 - 7,80	1,30	0,93	38	0,61
		8,40 - 7,60	1,49	0,91	56	0,90
0,6	4,8	4,92 - 4,68	0,78	0,58	38	0,37
		5,04 - 4,56	0,89	0,55	56	0,54
0,5	4,0	4,10 - 3,90	0,65	0,47	38	0,31
		4,20 - 3,80	0,75	0,46	56	0,45
0,3	2,4	2,46 - 2,34	0,39	0,28	38	0,18
		2,52 - 2,28	0,45	0,27	56	0,27
0,1	0,8	0,82 - 0,78	0,13	0,09	38	0,06
		0,84 - 0,76	0,15	0,09	56	0,09

BEMERKUNGEN

(1) Die Anzahl Abfärbungen gilt für die 1 cm breite Druckscheibe. Wenn die 2 cm breite Scheibe verwendet wird, betragen diese Anzahlen nur die Hälfte.

(2) Verbleib des Farberwerkes:  
a. Nach aufräumen der Farbe 8 Minuten  
b. Nach hinauflegen der Farbe 4 Minuten  
c. Druckscheiben ..... 1,5 Minute

## **ZAKLJUČAK**

Nakon provedenog ispitivanja na Westvaco uređaju i pomoću Dennison testa zaključujemo da su tanki tiskovni papiri skloni čupanju.

Dobiveni rezultati su očekivani, rezultati dobiveni pomoću Dennison testa pokazuju da i najmanja razlika u debljini papira može utjecati na pojavu čupanja. Ispitivanja su pokazala da postoji veoma slaba veza između pojave čupanja u tisku i rezultata dobivenim testom. Po nastalom oštećenju zaključujemo da je papir slabiji nego što u stvari jest.

Rezultati dobiveni Westvaco uređajem su daleko ispod smjernica o čvrstoći površine papira preporučene za ofsetni tisak od strane britanskog instituta PIRA.

Naime, rezultati nekoliko pokusa se više-manje razlikuju tako da je potrebno za svaki stroj postaviti vlastite granice.

## LITERATURA

- [1]. Mirko Rešetar (2001). *Papir – proizvodnja – svojstva – primjena*, Osijek
- [2]. Adrijano Golubović (1973). *Tehnologija izrade i svojstva papira*, Viša grafička škola Zagreb
- [3]. Adrijano Golubović (1993). *Svojstva i ispitivanje papira*, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu
- [4] [http://gogss.hr/wpcontent/uploads/2012/10/graficka\\_tehnologija\\_prvi\\_razred.pdf](http://gogss.hr/wpcontent/uploads/2012/10/graficka_tehnologija_prvi_razred.pdf)  
15.7.2014
- [5] <http://www.manroland.hr/index.php?menu=10&action=2&id=43> 30.8.2013.
- [6] Stanislav Bolanča (1997). *Glavne tehnike tiska*, Zagreb
- [7] <http://materijali.grf.unizg.hr/media/vjezbe%20boje/Boje.pdf> 13.7.2013
- [8] [http://materijali.grf.unizg.hr/media/vjezba%205\\_cupanje.pdf](http://materijali.grf.unizg.hr/media/vjezba%205_cupanje.pdf) 12.7.2013.

.